

EL POLEO RECURSO FORESTAL NO MADERABLE DE LOS BOSQUES TEMPLADOS DE OAXACA.
PÁG: 7



LOS TEMNOCÉFALOS: SIMBIONTES DULCEACUÍCOLAS
PÁG: 12



NÚM. 116 SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2014 ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

CIENCIA CIUDADANA

La pesca artesanal es una actividad que brinda ganancias económicas considerables para millones de personas en el mundo. En México significa fuente de empleo y alimento para las comunidades costeras, el resto del país y el mercado internacional. Sin embargo, la sobreexplotación de los recursos pesqueros ha puesto en peligro no sólo la economía de las familias que viven de la pesca, sino también la salud de los ecosistemas y procesos ecológicos de los cuales dependen muchas otras especies.

CIENCIA CIUDADANA
en el Alto Golfo de California: abriendo camino en el manejo pesquero y la conservación

CATALINA LÓPEZ SAGÁSTEGUI[1],
OCTAVIO ABURTO OROPEZA[2],
MARCIA MORENO BÁEZ[2],
ISMAEL MASCAREÑAS OSORIO[3]
Y GUSTAVO HINOJOSA ARANGO[3]

Portada: pescadores del Golfo de Santa Clara, Sonora, que han participado en el programa de ciencia ciudadana desde 2009.
Fotos: © Octavio Aburto

El manejo pesquero tradicional se ha basado en estimar las capturas pesqueras para poder calcular la intensidad de la pesca. Sin embargo, conocerlas no resuelve uno de los problemas fundamentales de la sustentabilidad pesquera: identificar y comprender la relación entre los recursos marinos y el uso humano de una manera que incluya las dimensiones espacial y temporal de las actividades pesqueras. Entender este tipo de relaciones es crucial para mejorar el diseño de esquemas de manejo y conservación de recursos marinos. Además, la información es útil para crear esquemas de aprovechamiento basados en derechos territoriales y para calcular el valor económico de una región o ecosistema.

Los esquemas exitosos de manejo se basan en la mejor información disponible, lo cual significa que constantemente ésta se debe estar actualizando para optimizar los resultados. Pero ¿cómo generamos información espacial y temporal constantemente y que esté disponible casi en tiempo real? El Programa Marino del Golfo de California, un consorcio de investigadores de distintas instituciones, entre ellas, el Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación, el Instituto de Oceanografía Scripps y UCMEXUS, que trabajan con temas marinos y costeros en la región del Golfo de California, ha implementado técnicas de investigación innovadoras que permiten el acceso a información nueva y/o restringida, al tiempo que se construye capital social. Una de las maneras en que logramos esto es a través del programa de ciencia ciudadana. La ciencia ciudadana se ha convertido en una metodología popular y está basada en la construcción de relaciones de colaboración, cooperación y co-producción de información entre científicos y personas que aprovechan de alguna manera uno o varios recursos (por ejemplo, turistas, pescadores, estudiantes). Además, busca involucrar a los participantes en procesos de investigación científica, permitiendo que se formulen preguntas, objetivos y metas de manera conjunta. El beneficio que nuestro programa de ciencia ciudadana ha generado es el acceso a información que, de no ser por la participación de los interesados y la confianza generada, no se hubiera podido obtener, o bien, hubiera tomado mucho más tiempo. Aunque la ciencia ciudadana ha permitido avanzar en el conocimiento de muchas disciplinas, aún no es una metodología comúnmente utilizada en temas pesqueros, particularmente en países en vías de desarrollo.


Pescadores regresan a puerto al atardecer después de una jornada de trabajo.



La pesquería de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) es una de las fuentes más importantes de trabajo y ganancias económicas en el Alto Golfo de California. Familias enteras participan en esta pesquería y en las distintas etapas de la cadena productiva.

Pescadores y ciencia

Desde 2009, nuestro programa se lleva a cabo en el Alto Golfo de California para estudiar las pesquerías de la región. En ese entonces la tarea fue generar información para una de las pesquerías más importantes y más explotadas: la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*). El reto fue crear y establecer un programa de ciencia ciudadana para garantizar la participación de los pescadores durante la investigación. Esto era clave ya que en la región existía una larga historia de tensiones y resentimientos entre investigadores y pescadores. La causa de esta delicada y frágil relación era la lucha constante entre dos agendas (conservación de la vaquita marina y aprovechamiento pesquero) que parecen no tener ningún aspecto de compatibilidad.

¿Cómo podríamos ganar la confianza suficiente en los resultados para que fueran aceptados y utilizados no sólo por los pescadores del Alto Golfo, sino por otros científicos y autoridades? Primero, comenzamos por construir la base de toda relación exitosa: una comunicación abierta. El objetivo académico lo teníamos claro, pero fue necesario que como científicos comprendiéramos el valor que la comunidad o el pescador le ve a la información que se genera. Segundo, buscamos crear una relación con pescadores como socios en nuestros proyectos de investigación y su participación más allá de sólo dar información. Esto agrega valor a la investigación ya que permite una discusión abierta sobre los datos, resultados e hipótesis al momento de interpretar la información. Tercero, los resultados que son publicados en revistas especializadas y científicas pasan por un proceso de discusión con los pescadores. Hemos establecido una dinámica de trabajo en la que el intercambio de conocimiento es recíproco. Cuarto, no sólo capacitamos a estudiantes, sino también a jóvenes de las comunidades para realizar monitoreos biológico-pesqueros y entender los resultados de los análisis generados bajo metodologías científicas. Bajo este mismo marco impulsamos actividades y generamos material de comunicación que ayuden a entablar diálogos sobre temas técnicos, pero en un lenguaje coloquial. Por último, estamos abiertos a aprender de los pescadores; mientras nosotros vemos una gráfica con patrones de variancias en algunos datos, ellos ven el reflejo de eventos naturales (huracanes, pulsos del río, corridas de peces), eventos políticos (aumentos en permisos de pesca, restricciones espaciales en la pesca), o de eventos económicos (comportamientos de mercados, subsidios para la pesca). Sin duda, hemos aprendido que la pesca, la conservación y la ciencia se pueden abordar desde muchas áreas.

El apoyo de la CONANP ha sido invaluable para el programa de ciencia ciudadana. José Campoy jugó un papel importante en la etapa de diseño del programa y en los inicios de nuestras actividades.



La pesca es una de las principales actividades que generan trabajo para las comunidades del Alto Golfo de California y abarca una variedad de especies de peces e invertebrados.



Un elemento importante del programa de ciencia ciudadana es el uso de dispositivos de posicionamiento global o GPS, que empleamos como herramienta clave para la colecta de información espacial. Es la primera vez que pescadores del Alto Golfo acuerdan utilizar este tipo de dispositivos cada vez que salen a pescar en sus pangas. El procedimiento es sencillo: un joven de la comunidad prepara los dispositivos y le da a un pescador uno de los aparatos al momento de salir a pescar; el pescador lleva prendido el GPS durante toda la jornada y el dispositivo registra la ruta y velocidad de la embarcación; por último, el joven recoge el GPS cuando la embarcación regresa a la playa y registra las especies que se pescaron, el método de pesca y el peso de la captura. En el laboratorio se analizan los archivos generados por el GPS y se buscan los sitios de pesca (Fig. 1a). Con esta metodología identificamos los niveles de producción, los patrones espacio-temporales de la pesquería de curvina golfina y la interacción entre la biología de la especie, la actividad pesquera y la dinámica económica que se desarrollan en la región durante la pesquería. A través del programa de ciencia ciudadana en el Alto Golfo de California se generó por primera vez para una pesquería en México un mapa que muestra la cronología (con nivel de detalle de día) de la formación de una agregación reproductiva de una especie (Fig. 1b). También logramos mostrar la manera en que el esfuerzo pesquero cambia conforme la agregación de curvina golfina se forma y viaja hacia sus sitios de desove en el delta del río Colorado.

Junto con pescadores del Golfo de Santa Clara, Sonora, y pescadores Cucapá en Baja California, pudimos completar una descripción de la biología y ecología de la especie, así como de la pesquería y su importancia económica y cultural en la región. En 2010 publicamos estos resultados en un artículo de *Biodiversitas* (http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv91art1.pdf). Nuestro compromiso como investigadores es compartir avances periódicamente y crear espacios en los cuales podamos todos como equipo analizar e interpretar la información que se genera. Con el paso del tiempo, hemos cultivado estrechas relaciones de trabajo con pescadores de la región, y las oportunidades para futuras investigaciones han aumentado.

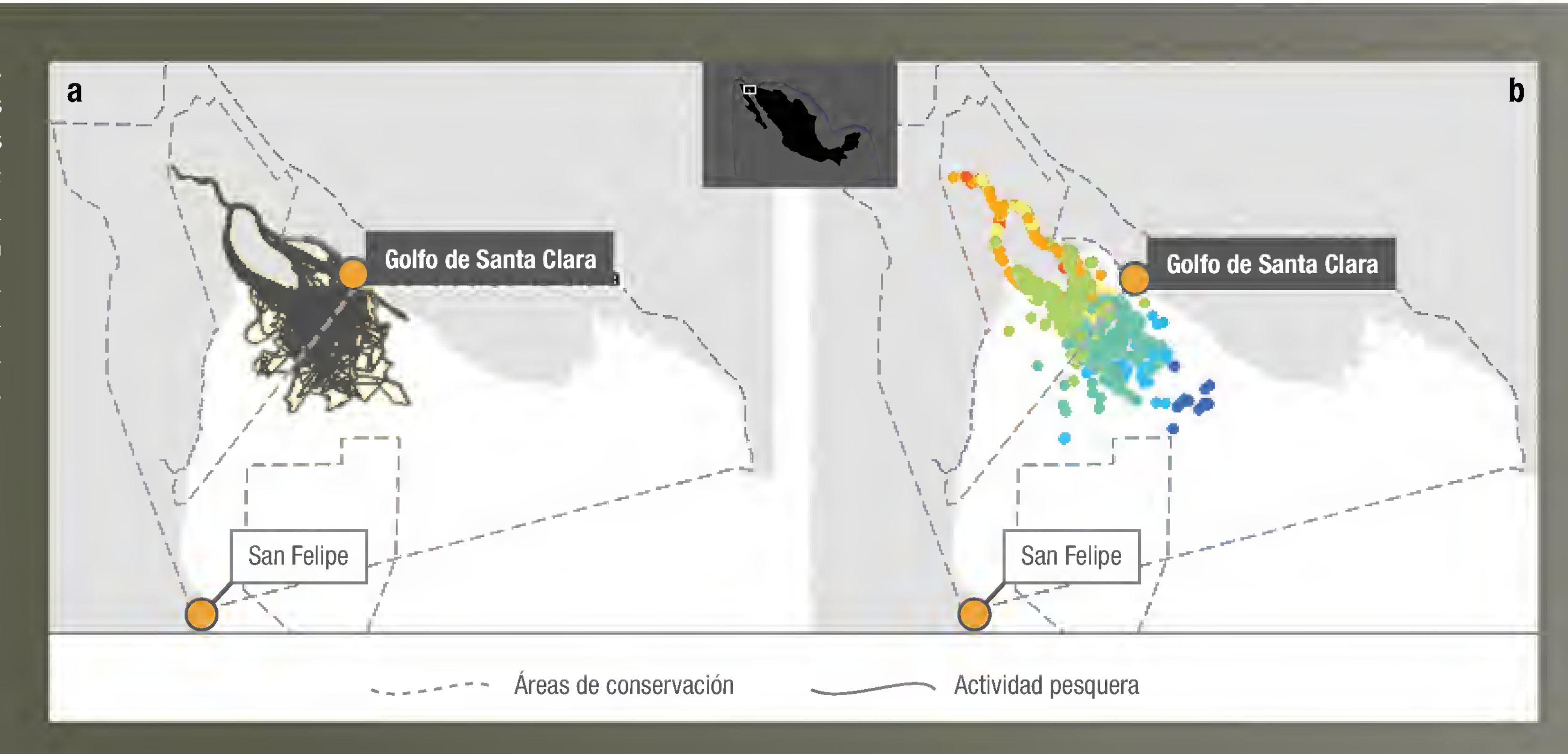


Figura 1. (a) Ejemplo de los archivos generados por el GPS de las rutas de pesca; (b) cronología de la formación de la agregación reproductiva de la curvina golfina respecto a la luna llena y/o nueva (Erisman et *al*., 2012).

¿Cuánto cuesta dejar de pescar?

Más allá de los logros académicos, para nuestro equipo ha sido grato ver que los resultados generados por nuestro programa de ciencia ciudadana han sido aceptados y, cinco años después, siguen siendo utilizados por las autoridades y la comunidad de pescadores. Sin duda, la falsa idea de no poder trabajar juntos, creada a raíz de años de tensiones entre científicos y pescadores en la región, se ha disuelto. En 2010 comenzamos a trabajar con las pesquerías de sierra, chano y camarón, y ampliamos geográficamente nuestro programa para incluir San Felipe, Baja California.

Hasta hoy, hemos generado una base de datos extensa en la que nos apoyamos para analizar la dinámica pesquera de la región desde un punto de vista regional y específico para cada comunidad. Esta base de datos incluye la información espacial, temporal, de capturas pesqueras, biológica (obtenida de monitoreos biológicos-pesqueros) y económica. Gracias a esto, hemos podido delimitar áreas de pesca por especie, plasmar la distribución de actividad pesquera dentro de la Reserva de la Biosfera, y detallar la ecología y biología de las especies objetivo. Además, hemos logrado describir espacialmente la intensidad de la actividad pesquera en el Alto Golfo de California (Fig. 2). La importancia de estos resultados radica en poder utilizarlos como instrumentos para transmitir un mensaje a través de un lenguaje cartográfico y facilitar el diálogo entre los sectores de conservación y el de manejo de los recursos pesqueros.

A manera de ejercicio, generamos un mapa donde incluimos el valor económico por área de pesca y los avistamientos de vaquita marina registrados en la región. El resultado es una "fotografía" que muestra la interacción entre una especie invaluable para el sector de conservación (la vaquita marina) y la distribución del potencial económico que representa para al menos dos comunidades en el Alto Golfo (Fig. 3). En el caso particular de la vaquita marina, una visualización que muestre el valor del capital natural pesquero puede ser la clave para su protección y para mejorar los procesos de toma de decisiones relacionados con la zonificación de la región.

En el Alto Golfo de California, las estrategias de manejo implementadas como la zonificación de la reserva y el refugio para la vaquita marina han impactado en la actividad pesquera y, como consecuencia, en la economía de las comunidades. Esto ha provocado que en los últimos 20 años, el conflicto y la tensión entre los diferentes sectores se hayan incrementado y estén causando revuelta sobre todo en relación con las iniciativas dirigidas a la conservación de la vaquita marina. Sin embargo, podemos decir con firmeza que programas como el nuestro están logrando una valuación del capital natural pesquero en la región, lo cual ayudará a comprender por qué ha sido tan difícil implementar las medidas establecidas en el pasado.



La comunidad Cucapá en Baja California participa en la pesquería de la curvina golfina; su zona de pesca se limita a la región de canales dentro del río en la zona conocida como El Zanjón.

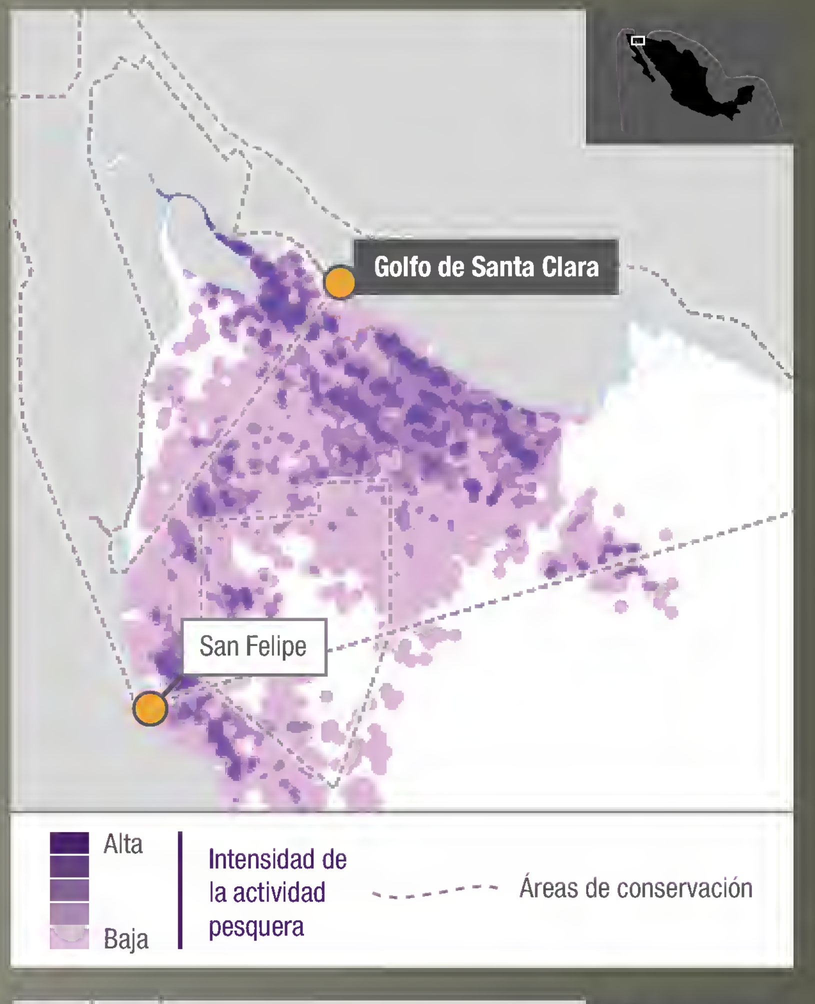


Figura 2. Representación espacial de la intensidad pesquera en el Alto Golfo de California para cuatro especies: camarón, curvina golfina, sierra y chano.

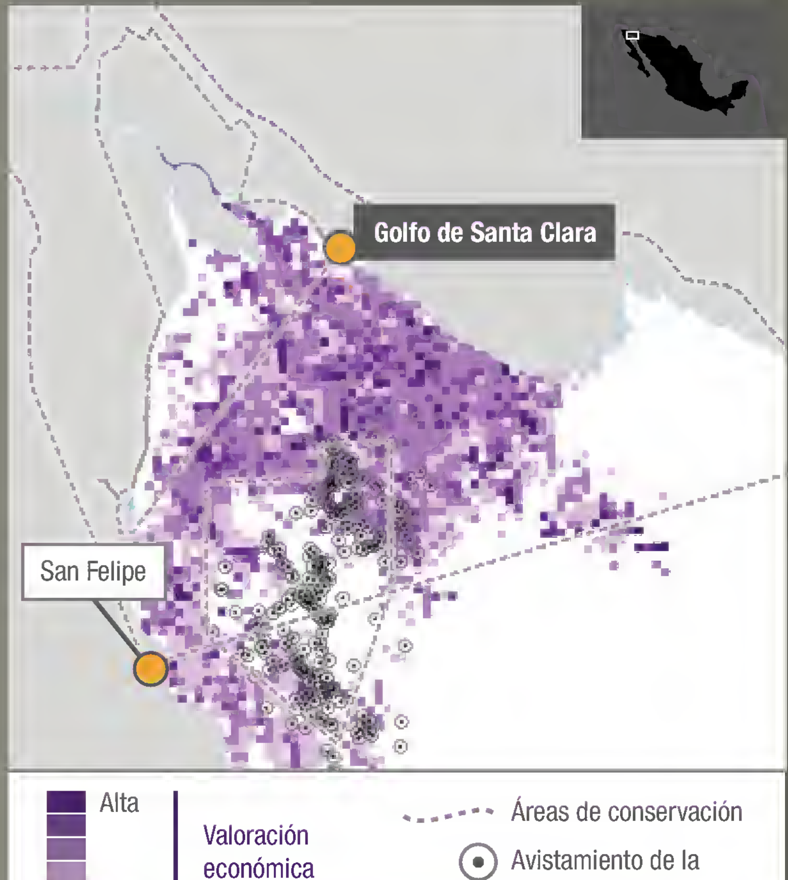


Figura 3. Interacción entre la vaquita marina (círculos) y el potencial económico de las áreas pesqueras en el Alto Golfo de California.



La ciencia ciudadana está basada en la construcción de relaciones de colaboración, cooperación y co-producción entre científicos y los que usan los recursos naturales.

La pesquería de camarón genera enormes ganancias para las comunidades de la región. Este producto se caracteriza por ser considerado de primera calidad en los mercados internacionales.

Si se combinan herramientas y metodologías que generen información científica e integren estrategias de comunicación, podemos lograr acuerdos comunes en iniciativas que requieren un diálogo abierto y honesto, y que permitan una negociación cuyo resultado refleje las necesidades de todos los involucrados. Creemos que las metodologías que incluimos en el programa de ciencia ciudadana han permitido el establecimiento de una relación más estrecha entre científicos y usuarios de los recursos, lo cual puede tener un impacto positivo para el cumplimiento de las metas de conservación que se han planteado para la Reserva de la Biosfera de Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.

Agradecimientos

Agradecemos a los pescadores y sus representantes en San Felipe, Baja California, Golfo de Santa Clara, Sonora, y a la Sociedad Cooperativa Pueblo Indígena Cucapá por su tiempo y su activa participación en nuestras investigaciones. A las oficinas regionales de CONANP y CONAPESCA, y a organizaciones como WWF-Programa Golfo de California, EDF de México, Walton Family Foundation y David and Lucile Packard Foundation por el apoyo brindado durante el desarrollo de nuestras investigaciones.



El trabajo de muestreo biológico se realiza en los puertos o muelles con el objetivo de ofrecer la oportunidad a pescadores y miembros de la comunidad, para participar o simplemente observar y preguntar acerca del programa y sus resultados.

Foto: © Catalina López Sagástegui

Bibliografía

Edwards, S.F., J.S. Link y B.P. Rountree. 2004. "Portfolio Management of Wild Fish Stocks", *Ecological Economics* 49: 317-329.

Erisman, B., O. Aburto Oropeza, C. Gonzalez Abraham, I. Mascareñas Osorio, M. Moreno Báez, P.A. Hastings. 2012. *Spatio-temporal dynamics of a fish spawning aggregation and its fishery in the Gulf of California*. Scientific Reports. 2:284. DOI:10.1038/srep00284.

Dickinson, J.L., B. Zuckerberg y D.N. Bonter. 2010. "Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits", *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1), 149–172. DOI:10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636.

Jackson, J.B., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B.J. Bourque, R.H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J.A. Estes, T.P. Hughes, S. Kidwell, C.B. Lange, H.S. Lenihan, J.M. Pandolfi, C.H. Peterson, R.S. Steneck, M.J. Tegner y R.R. Warner. 2001. "Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems", *Science* 293(5530): 629-637; DOI: 10.1126/science.1059199.

Miller-Rushing, A., R. Primack y R. Bonney. 2012. "The history of public participation in ecological research", *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(6): 285-290. DOI:10.1890/110278

Paredes, G.A., B. Erisman, I. Mascareñas Osorio, J. Cota Nieto, K. Gherard y O. Aburto Oropeza. 2010. "La curvina golfina: biología, pesquería y su gente", *Biodiversitas* 91:1-5.

Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese y F. Torres Jr. 1998. "Fishing Down Marine Food Webs", *Science* 279(5352): 860-863. DOI: 10.1126/science.279.5352.860

[1] Instituto para México y Estados Unidos (UCMEXUS), Universidad de California, Riverside. catalina@ucr.edu

[2] Instituto de Oceanografía Scripps, Universidad de California, San Diego. maburto@ucsd.edu

[3] Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación A.C., La Paz, Baja California Sur.

EL POLEO

recurso forestal no maderable de los bosques templados de Oaxaca

TOMÁS ORTEGA ORTEGA*, VERÓNICA VÁZQUEZ GARCÍA*,
LAURO LÓPEZ MATA* Y EMMA ZAPATA MARTELO

Los pueblos indígenas de México albergan en sus territorios altos niveles de biodiversidad.[1] Han desarrollado conocimientos detallados sobre especies vegetales que aprovechan como alimento, medicina, ornamento o como materiales para construcción. Entre las especies que se han empleado desde tiempos prehispánicos se encuentran diversos recursos forestales no maderables, esto es, especies de plantas o sus productos que no son utilizados con fines maderables. En la mayoría de las comunidades rurales e indígenas de México su aprovechamiento para uso doméstico y comercial es una práctica vigente.

Entre las especies vegetales más reconocidas y utilizadas a nivel nacional se encuentran las medicinales, ornamentales, aromáticas, alimenticias, frutillas, exudados, resinas, entre otros.[2, 3, 4] La diversidad de recursos forestales no maderables se distribuye a lo largo de los distintos ecosistemas del país. Los matorrales xerófilos albergan 41% de ellos, los bosques templados 24% y las selvas 23%.[5] Los que se encuentran en los bosques templados son particularmente diversos debido a la variación de condiciones ambientales que se registra en estos ecosistemas.[6]

La contribución alimenticia, medicinal y económica de los recursos forestales no maderables incide en el bienestar familiar de las comunidades forestales de México, como sucede en el caso de *Satureja macrostema*, conocida con el nombre de "poleo", que crece en los bosques de encino, pino-encino, pino y oyamel en las regiones montañosas de los estados de Oaxaca, Guerrero, Jalisco y Michoacán.[7, 8] Es una planta arbustiva de la familia Labiatae, con olor a menta, de uno a dos metros de alto, con tallos erectos, ramas arqueadas, hojas de uno a cuatro centímetros de largo con ápice agudo, aserradas, base redondeada, con flores solitarias o en grupos de colores rojas o anaranjadas.[8] En la medicina tradicional de los pueblos purépechas, el té de poleo se ha usado para combatir infecciones intestinales, evitar o aliviar cólicos, como excitante de los movimientos gástricos y como un eficiente aperitivo si se toma en ayunas o antes de los alimentos. Socialmente lo han considerado símbolo de fertilidad por eso lo utilizan en las bodas.[9]

El poleo, *Satureja macrostema*.



Para las bodas, mayordomías y el año nuevo, los tallos de poleo se arreglan en pequeños ramos combinados con orquídeas.

Fotos: © Tomás Ortega Ortega

Usos del poleo en San Miguel Mixtepec

En las diferentes comunidades zapotecas y mestizas que integran la región de los Valles Centrales, la Sierra Norte y Sur de Oaxaca, la especie tiene usos rituales, ornamentales, medicinales y alimenticios. Se aprovecha y comercializa de manera local y regional. Los principales sitios de venta son los mercados-plaza distritales y municipales de la región.

El municipio de San Miguel Mixtepec pertenece a Valles Centrales de Oaxaca, pero geográficamente se encuentra en la Sierra Sur del estado. El 92.12% de su territorio está cubierto por bosque,[10] lo que favorece la presencia de distintos tipos de recursos forestales maderables y no maderables, entre ellos el poleo.

En San Miguel Mixtepec, el poleo crece entre los 2 345 y 2 900 msnm Se distribuye de manera discontinua, bajo cobertura de dosel cerrada, en suelos ligeramente ácidos y ricos en materia orgánica. Forma parte del sotobosque en parajes de encinares, o en bosque de pino-encino y en menor proporción en bosque de pino.

El aprovechamiento de la planta es regulado mediante acuerdos comunitarios establecidos en la asamblea general de comuneros. Estos acuerdos se aplican a todas las localidades (agencias y núcleos rurales) que integran el municipio. Para acceder al recurso hay que solicitar autorización al Comisariado de Bienes Comunales. Las personas externas al municipio están excluidas del acceso y sólo pueden entrar si pagan una cuota. En este caso la cosecha se hace bajo la supervisión del Consejo de Vigilancia. Estos mecanismos de regulación buscan proteger a la especie mediante el control de su extracción, evitando así la sobreexplotación local del recurso.

La cosecha se realiza de acuerdo con los saberes tradicionales: se cortan los tallos que estén bien desarrollados, en crecimiento vegetativo, cuya longitud varía de 50 cm a un metro. El corte se hace con la mano porque esto favorece el rebrote de la planta. Se evita al máximo cosechar tallos en floración para proteger la fase reproductiva y asegurar el desarrollo y maduración de semillas que garanticen la reproducción natural de la especie. Durante los primeros meses de lluvia se disminuye la cosecha para permitir el crecimiento y desarrollo de los rebrotes y tallos. Esta disminución permite la conservación, mantenimiento y reproducción de las poblaciones de poleo en su hábitat natural porque coincide con las etapas fenológicas de la planta. El rebrote ocurre en los meses de mayo y junio con lo cual se inicia también el desarrollo de hojas nuevas. El crecimiento vegetativo del poleo se intensifica a partir de julio y se extiende hasta noviembre, justo al inicio de la floración.[11]

Las festividades en las que se usa el poleo en San Miguel Mixtepec son bodas, mayordomías, año nuevo, celebraciones navideñas y día de muertos. Para las bodas, mayordomías y el año nuevo, los tallos cosechados se arreglan en pequeños ramos de cinco a seis tallos cada uno, combinados con orquídeas. Éstos se reparten entre las y los invitados después de la celebración religiosa o en un momento especial definido por el anfitrión. Para las celebraciones navideñas y día de muertos los arreglos con poleo adornan los altares católicos; en particular la fiesta de año nuevo coincide con el ingreso de nuevas autoridades. En este caso las actividades de organización, acceso, cosecha, arreglo y reparto se desarrollan bajo la responsabilidad de los topiles municipales. Tal instrumentación funciona con un sentido de integración comunitaria.[12] La repartición del poleo se acompaña con tejate, una bebida tradicional zapoteca.

La especie forma parte de la medicina tradicional de la comunidad. Se utiliza en té para aliviar malestares estomacales, fiebres y cólicos menstruales. Se ingiere durante el trabajo de parto y alivia la resaca o cruda ocasionada por el consumo excesivo de bebidas embriagantes. Los usos medicinales del poleo son importantes, ya que la planta no cuesta y está disponible para el cuidado de la salud familiar.

Para los usos alimenticios se aprovechan las hojas y tallos tiernos, tanto verdes como secos. Se utilizan para condimento, verdura, té y agua de tiempo. El uso alimenticio más importante entre la población es el té, empleado como sustituto del café o en ocasiones combinado; se encuentra al alcance familiar, su sabor es agradable, limpio y es considerado benéfico para la salud. Como condimento se utiliza para dar sabor a los frijoles y tamales de frijol; también se consume como verdura con tortilla, para lo cual se utilizan las hojas tiernas sazonadas con sal en forma de taco. Esta característica de consumo ubica al poleo como un tipo de quelite y posiciona al bosque templado-frío como una fuente alternativa de alimentos no cultivados.

Dada la utilidad del poleo, su mercadeo sigue dos rutas importantes: trueque y venta. En la primera se intercambia por productos de consumo doméstico y en la segunda por dinero en efectivo. A su vez, esta última puede tomar dos formas: venta de manojos sin un encargo previo (venta por oferta) o atender pedidos específicos (venta por pedido).

Las dos formas de mercadeo la realizan principalmente las mujeres. Los hombres se encargan de la cosecha, transporte y carga.

En su forma de trueque, los manojos de poleo se intercambian por tortillas, pan, hortalizas, frutas y bebidas de maíz. La mayoría de los productos intercambiados son para consumo inmediato. Esto es importante ya que la heterogeneidad orográfica del territorio municipal no favorece la autosuficiencia en maíz. Mediante el trueque, las mujeres mixtepecanas aportan variedad a la dieta familiar y obtienen productos derivados del maíz que no se encuentran en su localidad.

La venta por oferta es realizada por mujeres. Cuando se expende bajo esta modalidad, la calidad (frescura y longitud adecuada) del poleo es una característica importante para su buena comercialización. El precio de los manojos va de $ 2.00 a $ 15.00. La variación en los precios y en los ingresos obtenidos depende del tamaño del manojo y de la oferta, ya que existen comunidades de otros municipios que también la comercializan.

Cuando la dinámica de venta es por pedido, los clientes(as) buscan a los vendedores(as) en los mercados-plaza para hacer el encargo. La compra se garantiza con un anticipo de $ 50.00 o $ 100.00, dependiendo de la cantidad solicitada. Ahí establecen

El aprovechamiento del poleo es regulado mediante acuerdos comunitarios establecidos en la asamblea general de comuneros.



el acuerdo de cuándo y dónde se hará entrega del producto. Este tipo de venta presenta mejores oportunidades para las y los habitantes de San Miguel Mixtepec, porque las cantidades solicitadas en ocasiones son grandes (hasta 10 brazadas), con la posibilidad de exigir mejores precios, además de que la venta es segura. Sin embargo, se realiza de forma esporádica. Los precios por tercio varían de $ 50.00 a $ 300.00, según de la temporada.

El trueque y venta del poleo se lleva a cabo en los mercados de Ayoquezco de Aldama, Santiago Apóstol, Zimatlán, Ocotlán y ciudad de Oaxaca, con mayor presencia durante los meses de septiembre a diciembre, periodo en el que hay una mayor demanda de la planta y alcanza la calidad necesaria para su comercialización.

El poleo es una planta de gran valor cultural para las y los habitantes de las comunidades que conforman el municipio de San Miguel Mixtepec. Las condiciones ambientales ahí presentes favorecen la presencia de la especie en los complejos montañosos del municipio. La regulación local y las prácticas tradicionales de aprovechamiento ayudan de forma importante en su conservación.

La repartición del poleo en las diferentes festividades incrementa el sentido de pertenencia de esta comunidad zapoteca. Los usos medicinales y alimenticios contribuyen a la salud, nutrición y tradición culinaria de la localidad. El trueque de la planta por diversos productos del campo diversifica la dieta de las familias mientras que su venta permite la obtención de ingresos monetarios. Por todo esto, el poleo es un recurso forestal no maderable multifuncional cuyo aprovechamiento incide en el bienestar físico y espiritual de las y los habitantes del municipio.



Los hombres sólo se dedican a la cosecha, transporte y carga del poleo.



Para las celebraciones de día de muertos los arreglos de poleo adornan los altares católicos.

Bibliografía

[1] Boege, E. 2003. *Protegiendo lo nuestro manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina*. México, Instituto Nacional Indigenista.

[2] Alexiades M.N. y P. Shanley. 2004. "Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables", en M. N. Alexiades y P. Shanley (eds.), *Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables*. Jakarta, Centro para la Investigación Forestal Internacional, pp. 1-22.

[3] López, C., S. Chanfón y G. Segura. 2005. "La riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera: experiencias de comunidades rurales", en C. López, S. Chanfón y G. Segura (eds.), *La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera*. México, SEMARNAT, pp. 11-15, 145-150.

[4] Schreckemberg, K. y E. Marshall. 2006. "Los PFNM y las mujeres. ¿Mejora el ingreso y la posición social?", en E. Marshall, K. Schreckemberg y A. C. Newton (eds.), *Comercialización de productos forestales no maderables. Factores que influyen en el éxito*. Cambridge, PNUMA WCMC, pp.: 83-95.

[5] Instituto Nacional de Ecología. 2009. *México: Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, SEMARNAT/Instituto Nacional de Ecología.

[6] Challenger, A. y J. Soberón. 2008. "Los ecosistemas terrestres", en J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente-Bousquets (comps.), *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 87-108.

[7] Turner, B.L. 2008. "Taxonomic status of *Clinopodium macrostemun* (Lamiaceae)", *Phytologia* 90(3):411-413.

[8] Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2010. *Flora fanerogámica del Valle de México*. México, Instituto de Ecología/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[9] Aguilar Ramírez, J.M. 2002. Especiación recombinacional y relaciones filogenéticas en *Satureja macrostema* var. *laevigata*. Tesis de doctorado. Área de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad de Colima, Tecomán Colima, México. 140 p.

[10] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2005. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Miguel Mixtepec, Oaxaca, clave 20271*. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

[11] Aguilar, R.M., H.M. Muñoz, M. Hernández, M.A. Bello y R. Salgado. 2005. "Observaciones fenológicas de *Satureja macrostema* (Benth.) Briq., en dos localidades de Michoacán, México", *Revista Ciencia Forestal en México* 29(96):91-109.

[12] Ramírez Reyes, N. 2009. "Los roseros de Ocotlán de Morelos Oaxaca, México. Anticipación y coexistencia", *Gazeta de Antropología* 25 (1): 1-14.

* Colegio de Postgraduados, Estado de México;
lauro@colpos.mx; vvazquez@colpos.mx y laurolopezmata@gmail.com

LOS TEMNOCÉFALOS:
simbiontes dulceacuícolas

ANDRÉS MARTÍNEZ-AQUINO[1], FRANCISCO BRUSA[2]
Y CRISTINA DAMBORENEA[3]



Los estudios en biodiversidad se enfocan a organismos conspicuos, e ignoran la vasta diversidad de especies y la relevancia ecológica de muchos animales aparentemente poco importantes, como es el caso de los platelmintos, un grupo diverso de gusanos planos que habita ambientes acuáticos (marinos, salobres y dulceacuícolas) y terrestres.[1] Existen platelmintos de vida libre y con estrategias de vida simbióticas de tipo parasitaria y comensal. La vida parasitaria es una asociación en la que intervienen dos organismos de especies distintas, un parásito y un hospedero, en la que el parásito requiere y daña a su hospedero para su supervivencia y depende de él para la obtención de su alimento. La vida comensal, también es una asociación en la que intervienen dos organismos de especies distintas, un comensal y un hospedero, pero se diferencia en que el comensal requiere pero no daña a su hospedero para su supervivencia ya que obtiene por sí mismo su alimento.[2] Un grupo (clase) de platelmintos es Turbellaria, también conocidos como *platelmintos de vida libre*, aunque existen turbelarios con estrategias de vida parasitaria y comensal.[1] En Turbellaria, dentro del orden Rhabdocoela, el grupo (suborden) más diverso de organismos simbiontes es el de los Temnocephalida (del griego *temno* = dividida, *cephalo* = cabeza), los cuales se definen como platelmintos con faringe bulbosa, con tentáculos anteriores y con ventosa posterior[3] (Fig. 1a). Los temnocéfalos son sumamente interesantes debido a que son comensales específicos de grupos de hospederos estrictamente dulceacuícolas con los que han evolucionado en conjunto desde sus ancestros.[3] A la fecha el suborden Temnocephalida contiene 23 géneros y 122 especies descritas en todo el mundo, pero sólo una ha sido registrada en México, *Temnocephala mexicana*.[4]

El grupo hermano de los platelmintos de vida libre corresponde a los *platelmintos parásitos*, grupo de gusanos planos mejor estudiado en México.[5] Paradójicamente, los turbelarios han sido olvidados por los distintos grupos de investigación que estudian distintos grupos de gusanos parásitos en el país. Al parecer, este problema de "abandono de estudio" no ocurre sólo en México ya que, a nivel mundial, la mayor cantidad de trabajos publicados para Turbellaria fueron desarrollados por científicos del siglo XIX y XX (hasta 1980). Actualmente, algunos autores consideran que la carencia de estudios en este tipo de organismos se debe a dos razones: la falta de atención por parte de los in-

Los temnocéfalos son comensales específicos de grupos de hospederos con los que han evolucionado en conjunto desde sus ancestros.

vestigadores hacia diferentes grupos de platelmintos, propiciada por la aparente facilidad de trabajar grupos relativamente mejor conocidos, y la falta de especialistas para diversos grupos de turbelarios.[6] Por tanto, en este trabajo se presenta el panorama actual a nivel mundial de un grupo particular de turbelarios, Temnocephalida, su relevancia e información generada a la fecha en México, con el objetivo de difundir el estado de conocimiento y motivar a grupos especializados en el estudio de la biodiversidad y a jóvenes estudiantes a conocer la helmintología desde una perspectiva general y sobre un contexto biológico-evolutivo.

Morfología

El cuerpo de un temnocéfalo es ovoide y con 5 tentáculos en su extremo anterior (aunque hay algunos géneros con 12, 6, 2 y uno sin tentáculos); y en su extremo posterior un disco denominado ventosa (Fig. 1b). Estos atributos sobresalientes funcionan como mecanismos de fijación y, a su vez, como órganos de movimiento. Como en toda la diversidad de formas que se ocultan en organismos de tamaño pequeño (≤ 5 mm), muchas de sus características morfológicas sólo son visibles para el ojo humano a través del uso de microscopios estereoscópicos, ópticos y electrónicos de barrido. En Temnocephalida es característica su epidermis sincitial en placas, formada por muchas células sin membranas que en conjunto estructuran el tejido que cubre el cuerpo de los temnocéfalos en forma de mosaico. Además, tienen una faringe de gran tamaño que, debido a sus hábitos omnívoros, les permite ingerir bacterias, algas, insectos y otros invertebrados acuáticos[3, 7] (Fig. 1).

Hospederos y especificidad hospedatoria

En general, los hospederos principales de los temnocéfalos son crustáceos decápodos como cangrejos y acociles. Sin embargo, los representantes del género *Temnocephala*, endémico de la Región Neotropical, también están asociados a moluscos, insectos y tortugas.[3,8] Los temnocéfalos son hermafroditas; una vez alcanzada su madurez sexual y luego de la fecundación depositan sus huevos en la superficie externa del hospedero en el que viven (Fig. 2). Es importante mencionar que cada especie de temnocéfalo vive sobre una especie o en un grupo de especies de hospederos relacionados filogenéticamente (con una historia evolutiva en común), por lo que se les considera como comensales con especificidad hospedatoria. Por ejemplo, *Temnocephala chilensis* es comensal de especies de cangrejos de río de la familia Aeglidae, distribuidos únicamente en el sur de la Región Neotropical. Otro ejemplo es *T. iheringi*, comensal exclusivo de especies de caracoles dulceacuícolas de la familia Ampullariidae, y distribuidas sólo en América del Sur.[8] En términos evolutivos, la especificidad hospedatoria de las especies de temnocéfalos puede ser interpretada como la primera señal de asociaciones biológicas estrechas que reflejan los primeros pasos entre la transición de una vida comensal a una parasitaria estricta.[9]

Página opuesta: microfotografía electrónica de barrido de *Temnocephala* sp., simbionte de cangrejo del género *Pseudothelphusa* de La Trinitaria, Chiapas, México.

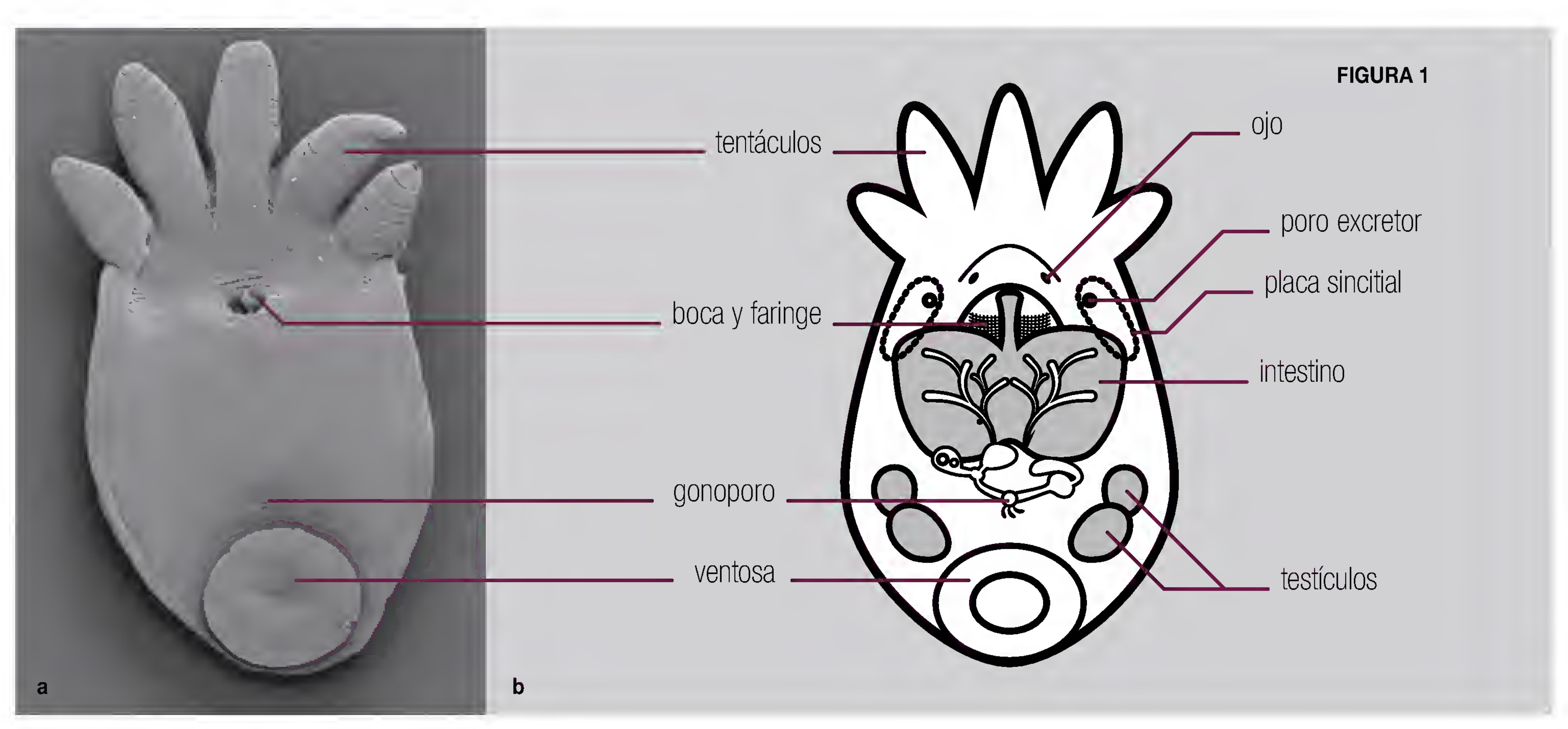


Figura 1. Morfología de temnocéfalos: a) microscopía electrónica de barrido; b) esquema general.

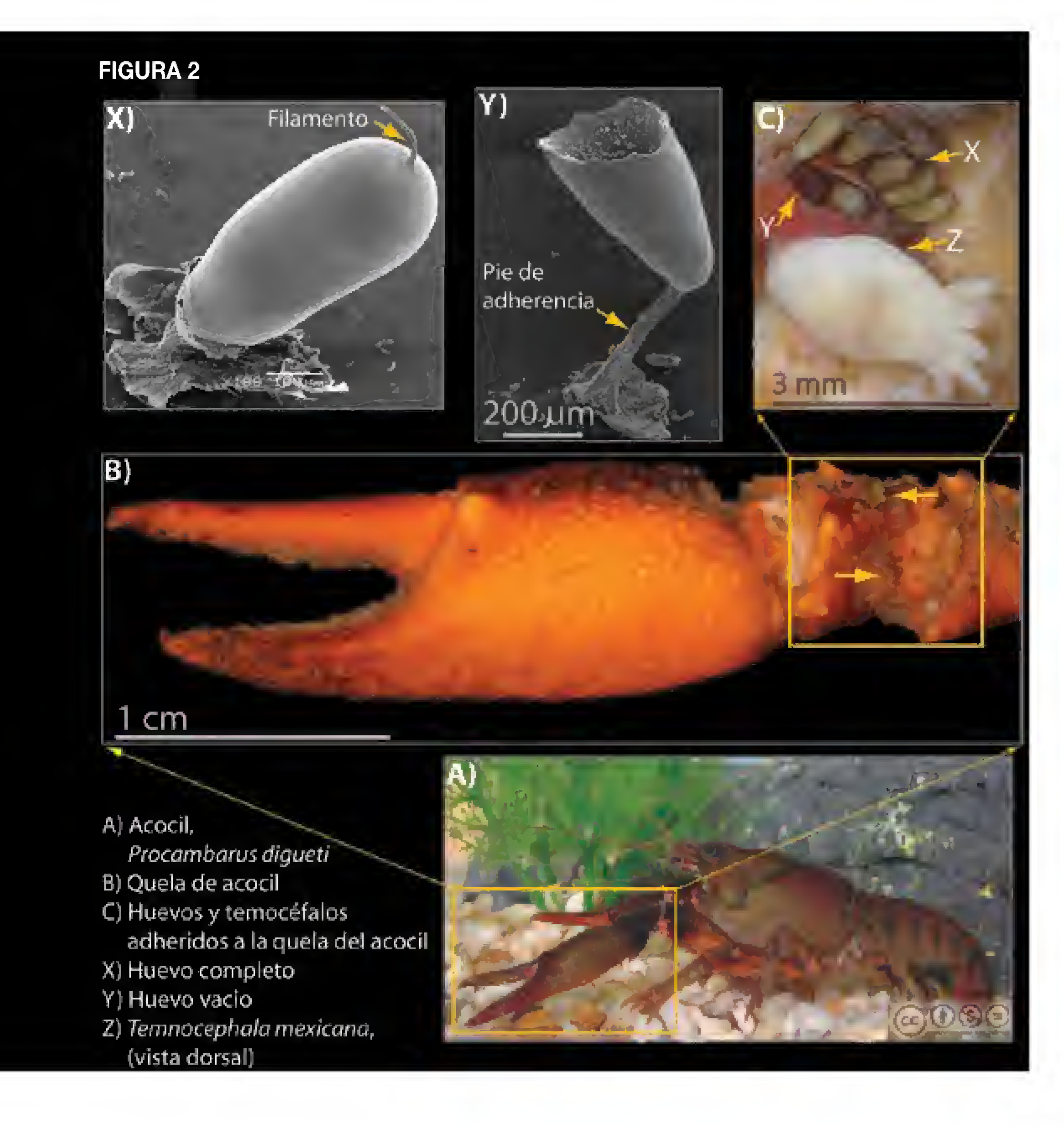




Figura 2. Disposición de huevos de temnocéfalos sobre sus hospederos.

Imagen tomada de www.difuciencia.com Foto: © Carlos Pedraza Lara y Patricia Ornelas

Figura 3. Larva de nemátodo parásito, *Raphidascaris* sp., en *Temnocephala mexicana*; ejemplar de la Colección Nacional de Helmintos, núm. 1307.

Helmintos parásitos de temnocéfalos

De manera interesante, dentro del cuerpo de los temnocéfalos se albergan como parásitos otros grupos de helmintos. Por ejemplo, en México han sido registradas larvas de nemátodos parásitos del género *Raphidascaris* asociadas a *T. mexicana*[10] (Fig. 3); mientras que en la Patagonia argentina han sido registradas larvas de digéneos parásitos de la familia Echinostomatidae asociadas a *T. chilensis*.[11] Este tipo de parasitismo, "helmintos en helmintos", es la evidencia empírica de las interacciones ecológicas complejas que se resguardan en la biología de los platelmintos (v. gr. temnocéfalos), mismas que se han mantenido a lo largo de distintos procesos evolutivos aún desconocidos para la ciencia.

Temnocéfalos: sobre un contexto evolutivo

Actualmente Temnocephalida se considera un grupo monofilético, es decir, con un origen en común. En términos filogenéticos, Temnocephalida se clasifica dentro del grupo dulceacuícola de los Limnotyphloplanida, que pertenece al linaje de Dalytyphloplanida, y que a su vez se incluye dentro de un clado mayor de turbelarios denominado Rhabdocoela (platelmintos con faringe bulbosa y un intestino ciego sencillo).[12]

Los temnocéfalos se dividen en dos grupos con estructura geográfica: los del norte (Scutarielloidea), que habitan la zona euroasiática, y los del sur (Temnocephaloidea), que viven en regiones biogeográficas que formaban parte de un supercontinente llamado Gondwana, que existía a finales del Triásico, hace 200 millones de años[3,7] (Fig. 4). Por este hecho, los temnocéfalos pueden ser considerados como "fósiles vivientes" de platelmintos.

Temnocéfalos: un eclipse en la diversidad mexicana

A la fecha, la única especie de temnocéfalo registrada en México es *Temnocephala mexicana*, descrita por Albert Vayssière en 1898 y redescrita en 1968 por el doctor Rafael Lamothe Argumedo.[13] Después de ese registro, *T. mexicana* ha sido hallada en cuatro localidades asociadas a cuatro especies de crustáceos decápodos e incluidas en dos familias de cangrejos y acociles de agua dulce de amplia distribución en México, Pseudothelphusidae y Cambaridae[14, 15] (Fig. 5).

Con base en estos escasos registros y el área amplia de distribución de sus hospederos, es lógico preguntarnos si *T. mexicana* es la única especie de temnocéfalo en México. Obviamente la respuesta es no. Tal es el hecho que, ante la carencia de información referente a este importante grupo evolutivo de platelmintos, en noviembre de 2013 realizamos una expedición prospectiva al campo y hemos descubierto cuatro especies más de temnocéfalos mexicanos, en abundancias sumamente altas (datos que actualmente estamos preparando para su

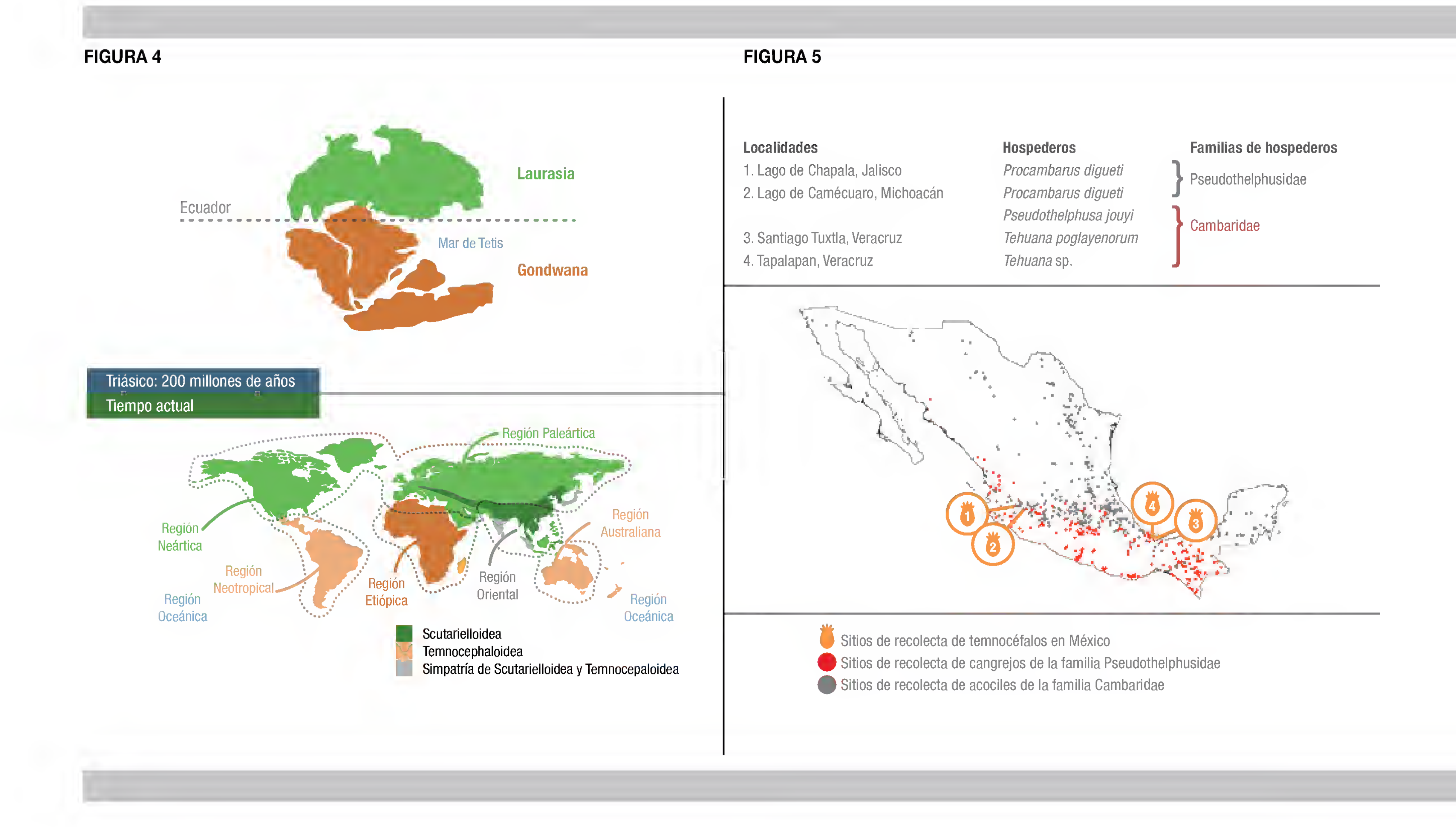


Figura 4. Patrones de distribución de Temnocephalida: geografía y familias.

Figura 5. Registros de temnocéfalos y patrones de distribución de crustáceos decápodos en México (modificado)[18]

publicación); por ejemplo, cerca de 200 temnocéfalos fueron recolectados en ¡un solo hospedero! Esto conlleva a otra pregunta: ¿cuántas especies de temnocéfalos habrá por descubrir en México? (Fig. 6). Si consideramos que en México existen 63 especies endémicas de cangrejos de la familia Pseudothelphusidae y 55 especies endémicas de acociles de la familia Cambariade[15], y tomando en cuenta la especificidad hospedatoria y que teóricamente cada especie de vida libre tiene cuando menos una especie de organismo estrechamente asociado,[16] entonces podríamos encontrar una especie de temnocéfalo por especie de hospedero en México, es decir, alrededor de 120 especies. Aunque este número es meramente especulativo, se logra evidenciar, en definitiva, que estamos en el comienzo del descubrimiento de una diversidad completamente desconocida, la de los temnocéfalos mexicanos.

A lo largo del territorio mexicano vive el 10% de la diversidad descrita a la fecha en el planeta, y una explicación general de ello es que en este país ocurre la *Zona de Transición Mexicana* en donde confluyen biotas con afinidades biogeográficas neárticas y neotropicales.[17] Sin embargo, aún quedan muchos estudios para estimar cuántas especies existen –y existieron– realmente en México y, por ende, en la Tierra. Por tanto, con base en lo mencionado acerca de la historia natural de un grupo particular de turbelarios, se espera que la información expuesta sensibilice al público en general acerca de la diversidad aún no descubierta en México, así como evidenciar en el futuro cómo avanza el conocimiento de los temnocéfalos y el estudio de los platelmintos de "vida libre" del país.

A manera de corolario...

El atributo morfológico más sobresaliente de los temnocéfalos son sus tentáculos anteriores, sumado a sus hábitos "microdepredadores", en vida real asemejan a pulpos pequeños, similares a "diminutos krakens" de la naturaleza. El *Kraken*, criatura marina mitológica escandinava que invocaba organismos gigantes tentaculares con sed de "venganza", fue incluido por Carlos Linneo en la primera edición de su *Systema Naturae,* primer libro naturalista con la clasificación de la diversidad descrita hasta el siglo XVII. Claro, aún quedan muchas especies por descubrir en la naturaleza, por lo que recurrir a cuentos megalomaniacos para describir la naturaleza quedó ya en el pasado. Por tanto, se invita al lector que rete a sus amigos y/o familiares a que le mencionen cinco organismos biológicos con tentáculos, en donde muy seguramente las respuestas esperadas serán: 1. pulpo, 2. calamar, 3. anémona, 4. medusas y... 5. ¡temnocéfalos! Esperamos que el presente trabajo haya cumplido uno de sus objetivos... sino, por favor, difunda este artículo.

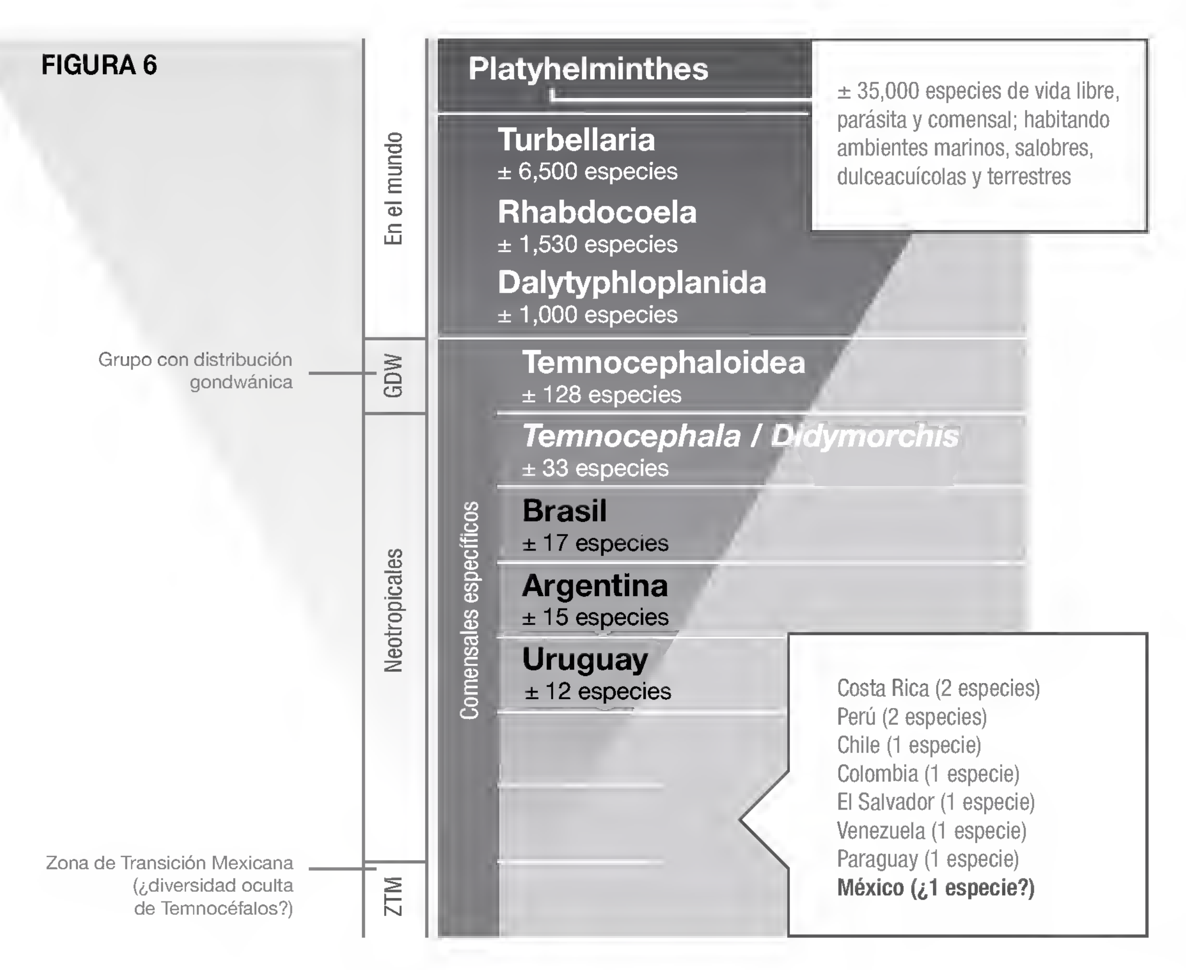


Figura 6. Diversidad de platelmintos [4, 6, 7, 14, 19, 20]

Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada número 207983 para realizar su estancia posdoctoral internacional. El M. en C. Luis García, administrador de la Colección Nacional de Helmintos (CNHE), y el doctor Alejandro Oceguera Figueroa nos facilitaron ejemplares para su observación y literatura especializada. Al doctor Rafael Lamothe Argumedo por facilitar la expedición de campo. A la doctora F. Sara Ceccareli y a los doctores Gerardo Pérez Ponce de León, Rodo Pérez Rodríguez, Roger Aguilar Aguilar y José Luis Villalobos, por su apoyo e infraestructura de campo.

Bibliografía

[1] Caira, J.N. y D.T.J. Littlewood. 2013. "Worms, Platyhelminthes", en *Encyclopedia of Biodiversity*. Waltham, Academic Press, pp. 437-469.

[2] Goater, T.M., C.P. Goater y G.W. Esch. 2014. *Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge, Cambridge University Press.

[3] Cannon, L.R.G. y B.I. Joffe. 2001. "The Temnocephalida", en *Interrelationships of the Platyhelminthes*. Londres, Taylor & Francis, pp. 83-91.

[4] Tyler, S., S. Schilling, M. Hooge y L.F. Bush (comps). 2006-2012. "Turbellarian taxonomic database", versión 1.7. Disponible en http://turbellaria.umaine.edu Fecha de acceso: 23 de mayo de 2014.

[5] García Prieto, L., B. Mendoza Garfias y G. Pérez Ponce de León. 2014. "Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S164-S170.

[6] Schockaert, E.R., M. Hooge Sluys R., S. Schilling, S. Tyler y T. Artois. 2008. "Global diversity of free living flatworms (Platyhelminthes, "Turbellaria") in freshwater", *Hydrobiologia* 595:41-48.

[7] Sewell, K.B. 2013. "Key to the genera and checklist of species of Australian temnocephalans (Temnocephalida)", *Museum Voctoria Science Reports* 17:1-13.

[8] Damborenea, M.C. y L.R.G. Cannon. 2001. "On neotropical *Temnocephala* (Platyhelminthes)", *Journal of Natural History* 35:1103-1118.

[9] Littlewood, D.T.J., T.H. Cribb, P.D. Olson y R.A. Bray. 2001. "Platyhelminth phylogenetics -a key to understanding parasitism?", *Belgian Journal of Zoology* 131:35-46.

[10] Lamothe Argumedo, R. 1980. "Un caso raro de parasitismo", *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 1:675-682.

[11] Viozzi, G., V. Flores y C. Rauque. 2005. "An ectosymbiotic flatworm, *Temnocephala chilensis*, as second intermediate host for *Echinoparyphium megacirrus* (Digenea: Echinostomatidae) in Patagonia (Argentina)", *Journal of Parasitology* 91:229-231.

[12] Steenkiste, N.V., B. Tessens, W. Willems, T. Backeljau, U. Jondelius y T. Artois. 2013. "A comprehensive molecular phylogeny of Dalytyphloplanida (Platyhelminthes: Rhabdocoela) reveals multiple escapes from the marine environment and origins of symbiotic relationships", *PLoS ONE* 8(3): e59917.

[13] Lamothe Argumedo, R. 1968. "Redescripción de *Temnocephala mexicana* Vayssiere, 1898, ectocomensal de crustáceos mexicanos", *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 1:1-12.

[14] *"Ejemplares de la familia Temnocephalidae CNHE/Colección Nacional de Helmintos (CNHE:HE)"*. UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2006-03-16. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:CNHE:HE?f=Temnocephalidae, consultada el 30 de marzo de 2014.

[15] Álvarez, F., J.L. Villalobos, M.E. Hendrickx, E. Escobar-Briones, G. Rodríguez-Almaraz y E. Campos. 2014 "Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S208-S219.

[16] Margulis, L. 2002. "Planeta simbiótico: un nuevo punto de vista sobre la evolución". Madrid, Debate.

[17] Martínez Meyer, L., J.E. Sosa Escalante y F. Álvarez. 2014. "El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?", *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S1-S9.

[18] Álvarez, F., J.L. Villalobos, G. Armendáriz y C. Hernández. 2012 "Relación biogeográfica entre cangrejos dulceacuícolas y acociles a lo largo de la zona mexicana de transición: revaluación de la hipótesis de Rodríguez (1986)", *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:1073-1083.

[19] Pechenik, J.A. 2010. Biology of the Invertebrates. Nueva York, McGraw-Hill Higher Education.

[20] WoRMS. 2014. Platyhelminthes. World Register of Marine Species. Disponible en: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=793 on 2014-04-10. Consultada el 30 de marzo de 2014.

[1] Investigador posdoctoral por el CONACYT-México, Museo de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNYM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina; maandres_@hotmail.com

[2] Investigador CONICET, con especialidad en Taxonomía y Sistemática de Turbellaria, División Zoología Invertebrados del Museo de La Plata, FCNYM, UNLP, Argentina; fbrusa@fcnym.unlp.edu.ar

[3] Investigador CONICET, con especialidad en Taxonomía y Sistemática de Turbellaria, Curador de Colecciones de Zoología Invertebrados, Museo de La Plata, FCNyM-UNLP, Argentina; cdambor@fcnym.unlp.edu.ar

Peces comerciales

www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/peces.html



Sustentabilidad pesquera

Especies en riesgo

Artes de pesca

Vedas

Tendencias

Cuando compras pescado...

¿Sabes qué especie te están vendiendo?
¿Sabes de qué lugar viene?
¿Sabes si fue capturado legal o ilegalmente?
¿Sabes si es un producto mexicano o es importado?



Conociéndolos saben mejor



El sitio que promueve la afición por la fotografía de la naturaleza, da a conocer en este espacio la imagen ganadora del mes de febrero de 2014 y a su autor.

¡Tú también puedes participar! Visita
www.mosaiconatura.net







Nombre: Marina Rendón

Trayectoria profesional: Marina es educadora y una apasionada de la belleza mágica de las montañas donde ha crecido. Desde hace 20 años ha colaborado con el Grupo Ecológico Sierra Gorda en varios proyectos y en particular en la implementación del Programa de Educación Ambiental y Desarrollo Productivo en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Sus fotografías son una excelente herramienta de documentación, promoción, educación y concientización ciudadana sobre la biodiversidad de la Sierra Gorda y el ecoturismo, incluso han sido útiles en la elaboración de carteles, señalización y guías del lugar. Marina también ha publicado sus imágenes en exposiciones como *25 miradas al bosque*, organizada por CONABIO y National Geographic, y *Áreas Naturales Protegidas: patrimonio de México* de la UV y la CONANP.

Contacto: marinasierrago@hotmail.com

Bosques mesófilos de montaña de México Diversidad, ecología y manejo

Los bosques de niebla o, como son llamados en esta obra, "bosques mesófilos de montaña" suelen desarrollarse en las zonas de condensación del aire húmedo proveniente principalmente del mar, donde se forman densos macizos de nubes con una consecuente alta humedad y una alta precipitación pluvial. Debido a estas características, estos bosques necesariamente se encuentran en fajas altitudinales angostas, a lo largo de cadenas montañosas en la mayoría de los casos, lo que los hace particularmente vulnerables a los impactos de la actividad humana, especialmente el uso del suelo para la agricultura.

En virtud de su importancia desde el punto de vista biológico, así como por su relevancia en una diversidad de actividades productivas (son zonas de producción de café orgánico de muy alta calidad y de otras especies de valor económico), esta obra colectiva representa una gran aportación, pues resume el conocimiento que se tiene de esta formación vegetal y es un sistema de información sobre este complejo ecosistema de México. Contiene una introducción al tema y trece capítulos –desarrollados por 23 autores– dedicados a temas centrales en el universo de conocimiento de los principales grupos de organismos conocidos y a aspectos referidos al uso, la ecología y vulnerabilidad de los diferentes grupos de organismos y del ecosistema como un todo, así como de los aspectos de la conservación y la educación ambiental.









La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Sigue las actividades de CONABIO a través de Twitter y Facebook





Biodiversitas es de distribución gratuita. Prohibida su venta.

Los artículos reflejan la opinión de sus autores y no necesariamente la de la CONABIO. El contenido de *Biodiversitas* puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor. Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2013-060514223800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE: Fulvio Eccardi Ambrosi
DISEÑO: Tools Soluciones
CUIDADO DE LA EDICIÓN: Adriana Cataño y Leticia Mendoza
PRODUCCIÓN: Gaia Editores, S.A. de C.V.
IMPRESIÓN: Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.

fulvioeccardi@gmail.com • biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, fax 5004-4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos